



# Netwerk Dijkmonitoring

Workshop Infraroodmetingen voor waterkeringbeheer

Op 6 juni vond in Tiel de workshop Infraroodmetingen plaats voor waterkeringen. In deze workshop zijn de technische principes van infraroodmetingen aan bod gekomen, hoe de meetresultaten gekoppeld kunnen worden aan dijkbeoordelingen in het kader van het WBI en werden de resultaten gepresenteerd van de meetcampagne tijdens het hoogwater van begin 2018. In dit verslag wordt teruggeblikt op de workshop en zijn de resultaten op hoofdlijnen gerapporteerd.

## Welkom en introductie

Iedereen wordt welkom geheten door Wouter Zomer. Hij vertelt kort wat het Netwerk Dijkmonitoring doet. Het netwerk werkt faciliterend en agenderend, onder andere door bijeenkomsten als deze te organiseren. Er wordt daarbij gestreefd naar ongeveer 8 van dergelijke bijeenkomsten per jaar met telkens een ander onderwerp. Zo staat op 27 juni de volgende workshop al gepland, met als onderwerp glasvezelmonitoring. Het programma van de middag wordt vervolgens gepresenteerd:

13:00 uur	Ontvangst bij Waterschap Rivierenland (De Blomboogerd 1, Tiel)
13:15 – 13:30 uur	Welkom en presentatie programma <i>door Wouter Zomer</i>
13:30 – 14:00 uur	Presentatie haalbaarheidsstudie infraroodmetingen <i>door Onne Rösingh</i>
14:00 – 14:30 uur	Presentatie resultaten infraroodmetingen <i>door Linda Klein &amp; Nelle Jan van Veen</i>
14:30 – 14:45 uur	Inleiding case
14:45 – 15:00 uur	Pauze
15:00 – 15:45 uur	Uitwerken case
15:45 – 16:30 uur	Discussie
16:30 uur	Afsluiting en borrel

## Haalbaarheidsstudie Infrarood

De aanleiding om te beginnen met monitoring heeft in verschillende factoren gelegen, maar een daarvan is de dijkdoorbraak bij Wilnis geweest. Mede daaruit zijn ook de IJkdijk projecten gekomen. Een van de daar uitgevoerde proeven zijn de pipingproeven. Bij die proeven is gecontroleerd piping veroorzaakt en zijn vele verschillende meet- en monitoringstechnieken toegepast bij wijze van test. Die meettechnieken zijn ook gebruikt om de voorspelbaarheid te bepalen.

Door Intech, Arcadis, Deltares en BZIM is in 2017 een haalbaarheidsstudie gedaan naar het gebruik van infraroodmonitoring bij dijken.

Infraroodmetingen zijn gebaseerd op temperatuurverschillen. Kwelwater heeft een andere temperatuur dan het water in de sloot. Met IR kunnen beginnende wellen opgespoord worden en

kunnen risicovolle plaatsen eruit gehaald worden. Daarbij geldt dat in de zomer kwelwater kouder is dan het slootwater en in de winter dat het kwelwater warmer is dan het slootwater. Dit wordt veroorzaakt door de wisselende temperatuur van het oppervlaktewater en de relatief constante temperatuur van het grondwater. Daarin zit natuurlijk ook een omslagpunt waar het grondwater en oppervlaktewater nagenoeg dezelfde temperatuur hebben. Op dat moment is het verschil tussen dag en nacht de redding, waardoor er alsnog enkele tienden van graden verschil ontstaan. Om dit te kunnen meten is echter wel een zeer nauwkeurige infrarood sensor benodigd.

Er zijn verschillende mogelijkheden om met infrarood te meten, zowel vanuit de lucht als vanaf de grond, met bijvoorbeeld een 4x4, vliegtuig of drone. In het geval van het gebruik van een drone ben je wel sterk gebonden aan wet- en regelgeving met betrekking tot het vliegen met drones.

Wat betreft de sensoren is er heel veel keus. Infrarood-sensoren zijn tegenwoordig overal te krijgen. Het grootste verschil zit echter in de nauwkeurigheid en dat is voor de detectie van wellen erg belangrijk. Voor kweldetectie is een hoge nauwkeurigheid en een hoge resolutie nodig. Infraroodmetingen zijn gevoelig voor de buitentemperatuur, met name bij metingen van absolute temperatuur. Daarom is het belangrijk, ook tijdens de metingen, de buitentemperatuur te registreren.

De toepassing van infrarood ligt eigenlijk in elke stap van het WBI, zo laat Onne zien. Ten eerste is er de dijkvakindeling, waar het kwelgedrag iets zegt over de juistheid van de dijkvakindeling. Als op de ene plek overmatig veel kwel voorkomt en op een andere plek helemaal niet, terwijl beide locaties in hetzelfde dijkvak liggen kan men zich afvragen of de aannames met betrekking tot de dijkvakindeling wel kloppen.

In de eenvoudige toets heeft Infrarood vervolgens een toepassing voor moeilijk bereikbare plekken. In de gedetailleerde toets kan het kwelgedrag in de gaten gehouden worden en kan wat gezegd worden over het intrede- en uittredepunt. Het intredepunt kan niet exact bepaald worden, maar de mate van temperatuuruitwisseling zegt wel wat over de kwellengte.

In de toets op maat heeft infrarood vervolgens nog een toepassing in het geval van de uitvoering van stresstesten.

Met de infraroodcamera kan, afhankelijk van verschillende factoren, 50 tot 60 km per dag ingemeten worden. De interpretatie van de gegevens gebeurt vervolgens met software, welke in huis is ontwikkeld. In de gedetailleerde toets zal er altijd een combinatie met andere metingen plaatsvinden, zoals het meten van het debiet in een wel, het bepalen van de restweerstand van de deklaag, etc. Infrarood is een begin en worden vervolgens aanvullende metingen gedaan.

Opvallend bij het gebruik van infrarood is dat het langsvaren van een schip gelijk een resultaat geeft in de kwelsloot. Daarbij is er eerst een drukverlaging, doordat water weggezogen wordt richting het schip, maar dat er vervolgens geen drukverhoging is. Een verklaring daarvoor zou kunnen zijn dat er een dikke sliblaag in de vaargeul ligt die ervoor zorgt dat de hydraulische kortsluiting afgesloten wordt.

Momenteel is het probleem dat bij hoogwater ineens alle waterschappen willen meten. Dit kan beter en efficiënter gedaan worden door hier een landelijke aanpak voor te maken. Daarin kan dan geformuleerd worden op welke locaties bij welke waterstanden gemeten moet worden. Door daar een 'vliegende brigade' voor in te stellen, bijvoorbeeld door middel van een raamcontract, kan dan snel gemeten worden op het moment dat het nodig is.

## Resultaten IR-metingen hoogwater januari 2018

De locaties van wellen zijn vaak, om uiteenlopende redenen, onbekend. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de wel zich op een moeilijk bereikbare plek bevindt, of dat de locatie van de wel moeilijk te zien is door bijvoorbeeld bosjes. Tijdens het afgelopen hoogwater, in januari, is bij verschillende waterschappen met infrarood gemeten. Daarvoor is een drone met 'gewone' hoge resolutie camera en een

infraroodcamera gebruikt. Het voordeel van het gebruik van een drone is dat moeilijk bereikbare plekken bereikbaar worden. Zo kan bijvoorbeeld verder in een nat weiland gekeken worden waar normaal niet naartoe te lopen of rijden is.

Bij Herxen bijvoorbeeld is een heel groot verschil opgemerkt tussen het aantal wellen dat met het blote oog is waargenomen en het aantal wellen dat met de infraroodcamera is waargenomen. Er is wel altijd een combinatie tussen infrarood en gewone foto's nodig om te kunnen controleren dat het kwelwater niet iets anders is. Er is bijvoorbeeld gemeten, waarbij een aantal wellen aanwezig zijn, maar een van die 'wellen' bleek een paard te zijn. Daarnaast is een wel lang niet altijd zand meevoerend. Dit is met de infraroodbeelden niet te zien, waardoor een inspectie met de gewone foto's of een inspectie ter plaatse altijd nodig zal blijven om te bepalen of een wel ook daadwerkelijk een risico is.

Het gebruik van infrarood heeft zowel voor- als nadelen. De voordelen zijn (1) infrarood is een aanvulling op visuele waarnemingen; (2) men kan live meekijken met de metingen, zelfs op afstand; (3) de combinatie van infrarood en normale foto's maakt het mogelijk achteraf te valideren; (4) de techniek is snel in te zetten, ook in het geval van calamiteiten. Het eerste nadeel is dat bij extreem weer (veel neerslag, vanaf windkracht 7) geen metingen meer kunnen worden verricht. De regen is met name een probleem voor vocht op de cameralens. Daarnaast kan de wet- en regelgeving beperkend werken. In stads- en dorpskernen mag bijvoorbeeld normaal gesproken niet worden gevlogen. Echter was dit tijdens de metingen van het afgelopen hoogwater in januari eigenlijk nooit echt een probleem, voornamelijk vanwege de ligging van de meeste dijken buiten stedelijk gebied. De verwachting is echter dat bij een noodsituatie in extreem hoogwater wel een uitzondering gemaakt zal worden. In 2019 komt er nieuwe Europese wetgeving, waardoor een en ander zal veranderen. Nu zijn de regels voor het commercieel met drones vliegen nog veel strenger dan de regels voor particulieren. Dat zal met de nieuwe regels veranderen, waardoor de inzet verbreed zou kunnen worden.

Naast het gebruik van infrarood zijn er ook nog een aantal andere aanvullingen die toegepast kunnen worden. De eerste is het gebruik van satellietbeelden, waarbij door middel van *near infra red* kan worden gekeken hoe de rivier loopt. *Near infra red* kijkt naar het lichtspectrum dat bijna infrarood is. Zo was tijdens afgelopen hoogwater goed te zien dat bij de ene rivier de uiterwaarden ondergelopen waren en het water dus tegen de kering aan stond, terwijl bij een andere rivier het water nog de hoofdloop volgde.

Daarnaast is Aveco de Bondt bezig geweest met het ontwikkelen van een risicokaart voor piping. In combinatie met tot nu toe onbekende kwellocaties kan dit een heel waardevolle toepassing zijn. Op de infraroodbeelden is niet te zien of een wel zand meevoerend is, maar dat is op de gewone foto, door genoeg in te zoomen wel mogelijk. Vervolgens kan er ook een veldploeg paraat staan die naar de kwetsbare plekken wordt gestuurd. Verder wordt nog opgemerkt dat wielen erg lastig zijn om te bemeten. Deze hebben over het algemeen zo'n grote omvang en diepte dat kwelwater eigenlijk niet te zien is.

Vanuit de zaal wordt gevraagd wat het meetbereik van een drone met infraroodcamera is. Daarop wordt geantwoord dat vanaf 40 meter hoog wordt gemeten met een grondresolutie van enkele centimeters voor de infraroodcamera. De camera is nauwkeurig tot op enkele tienden van graden.

## Toekomstbeeld

Nelle Jan van Veen vertelt vanuit de POV piping waar men uiteindelijk naartoe wil. Het doel is om bij het volgende hoogwater een draaiboek/monitoringsplan te hebben liggen, waardoor snel gemeten kan gaan worden indien nodig. De nadruk ligt daarbij ook op het leren om te gaan met hoogwater en calamiteiten. In het geval van de waarneming van een wel is er na de normale waarneming een tweede registratie om te leren over het gedrag van de wel. Vervolgens is er ook nog een derde registratie in

het geval na de 2<sup>e</sup> registratie nog niet alles duidelijk is over de wel. Bij die derde registratie, na het hoogwater, kunnen boringen en dergelijke gedaan worden om meer te weten te komen over de wel. De beheerder hanteert daarbij een eigen database, maar het is ook van belang om een landelijke database te hebben. Op die manier kan efficiënter en beter met de beschikbare informatie en data omgegaan worden.

Daarnaast is er wel een registratie van zand meevoerende wellen beschikbaar bij Deltares. Echter ontbreken daarbij de eigenschappen. Het is daarom van groot belang om waarnemingen goed vast te leggen. Na een hoogwater blijven de waarnemingen nu vaak liggen, omdat dat geen prioriteit heeft. Echter kan hier heel veel informatie uitgehaald worden. Daarbij zijn simultane metingen ook zeker van toegevoegde waarde. Daarnaast moet afgevraagd worden wat ad hoc en wat continue gemeten moet worden.

## Case

In de case wordt de locatie Pleijdijk bij Westervoort behandeld. Van deze locatie worden acht kaarten met informatie beschikbaar gesteld:

1. Infraroodopname vanuit de drone van 10 januari 2018 met daarop de locaties van wellen
2. Orthofoto (gecorrigeerde luchtfoto) vanuit de drone van 10 januari 2018
3. Korrelgrootteanalyse van twee wellen en de locatie van de zandmonsters
4. Bodemgegevens (boring en sondering) en de locatie van die metingen
5. Zandbanenkaart inclusief dieptes van de omgeving
6. Hoogtekaart van de omgeving, AHN2
7. Peilbuisgegevens van Waterschap Rijn en IJssel
8. Infraroodopname van het binnentalud, van 30 januari 2018 (tweede hoogwatergolf)

Aan de hand van die gegevens worden drie vragen gesteld:

1. Wat zeggen de gegevens en welke vragen roept dit bij jullie op?
2. Kun je op basis van deze gegevens een inschatting geven van het risico?
3. Welke gegevens zijn nodig om bovenstaande vragen beter te kunnen beantwoorden?

Vanuit de zaal wordt opgemerkt dat historische gegevens hier van toegevoegde waarde zouden zijn. Hoe is het wiel ontstaan. Waarschijnlijk door een dijkdoorbraak en hoe is dat toen opgevuld. Ondanks dat er geen maatregelen zijn genomen en het goed is gegaan lijkt het hier toch niet verkeerd om op te kisten gezien de grote hoeveelheid kwel.

Verder wordt ook opgemerkt dat we nu slechts naar een momentopname zitten te kijken. Repeterende metingen zouden een beter inzicht in het kwelgedrag kunnen geven. Een mogelijkheid daarvoor is bijvoorbeeld een stresstest op de dijk.

Ook wordt opgemerkt dat een visuele inspectie hier geen kwaad zou kunnen en dat een dwarsprofiel van het betreffende stuk ook zou helpen bij het nemen van een beslissing. Het zou zo kunnen zijn dat de wellen dicht bij de dijk als een soort ventiel werken.

Ten slotte wordt ook afgevraagd wat er gebeurt in het wiel. Het water lijkt namelijk naar het wiel te stromen, maar het water in het wiel lijkt geen andere temperatuur te hebben. Waar wordt dit door veroorzaakt? Stroomt het water aan de andere kant weer uit het wiel? Of is het wiel zo diep dat de temperatuur niet zomaar verandert? Bovendien lijkt het alsof in het wiel zelf geen kwel voorkomt, wat zou kunnen duiden op een dikke veenlaag op de bodem van het wiel. Om dit te achterhalen zou een onderwatercamera een interessante toevoeging zijn aan de meetgegevens. Met die onderwatercamera is beter te achterhalen wat er in het wiel allemaal gebeurt en wat er gebeurt met het water (en zand) dat het wiel in lijkt te stromen.

Er is uiteindelijk niks gedaan tijdens het hoogwater, omdat dit bij elk hoogwater zo voorkomt. Er is dus op basis van historische gegevens besloten het zo te laten. Echter wordt vanuit de zaal ook opgemerkt

dat dit wel gevaarlijk kan zijn. Als het een paar keer eerder is gebeurd en er telkens zand mee uitspoelt zou het zo maar kunnen dat na een paar keer wel een pipe ontstaat. Zeker zo dicht bij de dijk is dat best een groot risico. Daarbij wordt opgemerkt dat er recent een klein steunbermpje van enkele meters aanwezig is. Deze zal hoogstwaarschijnlijk zijn aangelegd vanwege een stabiliteitsprobleem. De historische gegevens waarop deze beslissing is gebaseerd zijn dus eigenlijk niet meer van toepassing door de verandering van de situatie.

Vanuit de zaal wordt nog opgemerkt dat op de gegevens van de boringen te zien is dat de deklaag ongeveer 1,5 tot 2 meter dik is. Dit zijn echter metingen aan de buitenzijde van de dijk. Als we ervanuit gaan dat dit aan de binnenzijde hetzelfde is en het maaiveld aan de binnenzijde van de dijk ligt ongeveer 1 tot 1,5 meter lager, dan is de deklaag daar ongeveer een halve meter tot maximaal een meter. Als daar vervolgens een boer de akker gaat omploegen is er nog maar enkele tientallen centimeters deklaag over. Hierdoor heeft opkisten weinig zin, want dan zal ergens anders de deklaag doorbreken en zal de kwel daarlangs naar buiten komen. Dit betekent dat andere oplossingen bedacht moeten worden om deze kwel tegen te gaan. Het lijkt bijna beter de deklaag helemaal om te ploegen, waardoor deze ook niet meer kan opbarsten. Daardoor zal piping ook niet op kunnen treden, doordat de kwelstroom zich niet op één locatie concentreert.

## Afsluiting

Ter afsluiting wordt aan de zaal, en dan met name de waterschappers, nog gevraagd welk handelingsperspectief het de waterschappers nu eigenlijk geeft.

Hierop wordt geantwoord dat het gebruik van bewezen sterkte erg lastig is en dat het eerder leidt tot een onbekende gevoeligheid. Verder wordt er gereageerd dat een goed informatieplan cruciaal is. Je hebt eerder te veel dan te weinig informatie. Van de aangeleverde gegevens is eigenlijk de infraroodfoto al genoeg om te zien dat het niet goed is. De foto van het talud bijvoorbeeld heb je weinig tot niets aan in dit vraagstuk.

Daarnaast wordt nog aangegeven dat je heel veel informatie krijgt, maar dat onbekend is wat je er allemaal mee doet. Je kunt namelijk niet op elke wel reageren. Het vastleggen en monitoren van gevoelige plekken krijgt daardoor nog meer waarde. Om het behapbaar te houden zal gefilterd moeten worden naar echt gevoelige plekken. De grootte van het temperatuurverschil geeft nog wel een indicatie over de omvang van de wel. Dit zou dan ook kunnen helpen bij het filteren van de kwetsbare locaties.

Na afloop van de bespreking van de case worden de sprekers van vanmiddag bedankt door middel van een Deventer Koekpakket. Aansluitend wordt iedereen uitgenodigd een en ander nog even na te bespreken onder het genot van een hapje en een drankje tijdens de borrel.